

# CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan analysointiraportti Q1/2014





**CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan  
analysointiraportti Q1/2014**



Juha Autioniemi • Antti Sirkka • Valtteri Pirrtinen • Mikko Vatanen

# **CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan analysointiraportti Q1/2014**

Sarja B. Raportit ja selvitykset 11/2014

© Lapin ammattikorkeakoulu ja tekijät

ISBN 978-952-316-025-5 (pdf)

ISSN 2342-2491 (verkkojulkaisu)

Lapin ammattikorkeakoulun julkaisu ja  
Sarja B. Raportit ja selvitykset 11/2014

Rahoittajat: Lapin Liitto, Kemin Digipolis Oy,  
Ammattiopisto Lappia, Lapin AMK

Kirjoittajat: Juha Autioniemi, Antti Sirkka,  
Valtteri Pirttinen, Mikko Vatanen  
Taitto: Lapin AMK, viestintäyksikkö

Lapin ammattikorkeakoulu  
Jokiväylä 11 C  
96300 Rovaniemi

Puh. 020 798 6000  
[www.lapinamk.fi/julkaisut](http://www.lapinamk.fi/julkaisut)

Lapin korkeakoulukonserni



Lapin korkeakoulukonserni LUC  
on yliopiston ja ammattikorkea-  
koulun strateginen yhteenliittymä.  
Konserniin kuuluvat Lapin yliopisto  
ja Lapin ammattikorkeakoulu.  
[www.luc.fi](http://www.luc.fi)

# Sisältö

TIIVISTELMÄ . . . . .	7
KÄSITTEET JA MÄÄRITELMÄT . . . . .	9
1 JOHDANTO . . . . .	11
2 TUTKIMUSJÄRJESTELYT . . . . .	13
3 TULOKSET: Q1/2014 TARKASTELUJAKSON HUOMIOT CLT-KOETALOSSA . . . . .	15
3.1 Lämpötekkinen toimivuus . . . . .	15
3.2 Kosteustekkinen toimivuus . . . . .	16
3.3 Hygroskooppisuus US1 – US2 . . . . .	17
3.4 Pohjoinen / etelä . . . . .	19
3.5 Tumma ulkoverhous / vaalea ulkoverhous . . . . .	20
3.6 Homeriskitarkastelu . . . . .	21
4 YHTEENVETO . . . . .	23
LÄHTEET . . . . .	25
LIITTEET . . . . .	26





# Tiivistelmä

Q1-analysointiraportti on ensimmäinen vuonna 2014 julkaistavista neljästä Lapin AMKin analysointiraporteista. Analysointiraporteissa on tarkoituksena tutkia CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa kyseisellä ajanjaksolla ottaen huomioon ajanjakson erityispiirteet ja niiden vaikutukset koetalon rakenteen toimintaan. Raportissa on tarkasteltu Kemin Digipolis-kampuksen alueelle rakennetun CLT-rakenteisen koetalon lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa tammi-maaliskuun 2014 ajanjaksolla. Raportissa tutkitaan CLT-koetaloprojektin kannalta keskeisiä aiheita, joita ovat CLT-runkoisten vaipparakenteiden toiminta Suomen olosuhteissa sekä toteutettujen muuttujien, kuten ulkoverhouksen värin (tumma/vaalea), ilmansuunnan (etelä/pohjoinen) ja eristemateriaalin (puukuitu/mineraalivilla) vaikutusta koetalon lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan tarkasteltavalla ajanjaksolla.

Vuoden 2014 ensimmäisen mittausajanjakson ulkolämpötilat ovat helmi- ja maaliskuun osalta huomattavasti lämpimämpiä verrattaessa tilastoituihin keskiarvoisiin ulkolämpötiloihin. Keskiarvoiset ulkolämpötilat saatiin ilmatieteen laitoksen julkaisemasta raportista, johon on tilastoitu Suomen ilmastoa vuodelta 1981 lähtien. Tammi-kuun 2014 ulkolämpötila oli sama kuin tilastoidun keskiarvon mukainen  $-10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Helmikuun 2014 CLT-koetalolla mitattu keskiarvoinen ulkolämpötila oli  $-1,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  kun taas ilmatieteen laitoksen raportin keskiarvoinen helmikuun lämpötila oli  $-10,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Maaliskuun 2014 CLT-koetalolla mitattu keskiarvoinen ulkolämpötila oli  $-0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , kun taas pitkän aikavälin raportin keskiarvoinen maaliskuun lämpötila oli  $-5,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Vuoden 2014 alku oli siis selvästi keskimääräistä lämpimämpi. Mittausolosuhteet muuttuivat koetalon sisällä 26.2.2014, jolloin taloon tuotiin ilmankostutin, jonka tarkoituksena on simuloida asumisesta johtuvaa kosteuslisää. Ilmankostuttimella pidettiin koetalon sisäilman suhteellinen kosteus 35–38 % tasolla. Ilmankostuttimen avulla tavoiteltu kosteuslisän tuotto on keskimäärin  $2\text{--}3\text{ g/m}^3$ .

CLT-koetalon rakenteisiin on sijoitettu yhteensä 48 mittauspistettä, joissa ovat anturit mittaavat lämpötilaa ja suhteellista kosteutta 1 minuutin välein. Mittauspisteistä saatua mittausdataa esitetään paikallisesti esitystietokoneella sekä sitä myös visualisoidaan [www.kiintopuu.fi](http://www.kiintopuu.fi) nettisivuilla. Rakenteista saadun mittausdatan pohjalta on tuotettu raportissa oleva lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan analysointi. Koetalossa tehtiin myös mittausajanjakson aikana tiiveysmittaus, jonka tuloksista löytyy maininta myös tästä raportista.

Mittausdatan avulla tehtyjen analysointien perusteella voidaan todeta, että CLT-koetalon vaipparakenteet toimivat lämpö- ja kosteusteknisesti hyvin. Analysoinnin perusteella voidaan myös todeta, että CLT-levy toimii rakenteessa tehokkaana höyrynsulkuna estäen samalla haitallisen diffuusion esiintymisen. Tästä johtuen CLT-levyä oikein käytettäessä rakenteessa ei tarvita erillistä höyrynsulkua. Mittausdatan avulla tehdyn laskennallisen tarkastelun perusteella voidaan todeta, että CLT-koetalon rakenteissa ei ole ollut homeen kasvun edellyttämiä olosuhteita tammi-maaliskuun aikajaksolla\*.

\* VTT-TTY homemallin tilanteesta tarkemmin kohdassa 3.1.6

# Käsitteet ja määritelmät

## ABSORPTIO

Rakennusaine ottaa itseensä vettä ympäristöstä (kostuminen). (Björkholtz 1997.)

## ABSOLUUTTINEN KOSTEUS

Ilman todellinen vesihöyrymäärä tilavuusyksikköä kohden ( $\text{g/m}^3$ ). (RT- 05-10410 1989, 2)

## DESORPTIO

Rakennusaine luovuttaa kosteutta ympäristöönsä (kuivuminen). (Björkholtz 1997.)

## DIFFUUSIO

Diffuusio on kaasumolekyylien liikettä, joka pyrkii tasoittamaan kaasuseoksessa olevia yksittäisen kaasun pitoisuuseroja (tai osapaine-eroja). Diffuusiossa kaasu siirtyy korkeammasta pitoisuudesta alempaan pitoisuuteen. Vesihöyryn diffuusiossa vesimolekyylit siirtyvät korkeammasta pitoisuudesta alhaisempaan. (Björkholtz 1997.)

## HYGROSKOOPPISUUS

Hygroskooppisuus tarkoittaa huokoisen aineen kykyä sitoa itseensä kosteutta ilmasta ja luovuttaa sitä takaisin ilmaan. Kun aineen huokosissa olevan ilman suhteellinen kosteus on asettunut samaan arvoon sitä ympäröivän ilman suhteellisen kosteuden kanssa, on saavutettu ns. hygroskooppinen tasapainokosteus. Tämän suuruus on erilainen eri materiaaleilla. (Björkholtz 1997.)

## HÖYRYNSULKU

Höyrynsulku on ainekerros, jonka pääasiallisena tehtävänä on estää vesihöyryn haitallinen diffuusio rakenteeseen tai rakenteessa. Höyrynsulkuna toimivan rakennusmateriaalin vesihöyrynläpäisevyys arvo  $[Z_v, Z_p]$  on pieni. (Rafnet 2004.)

## KASTEPISTE

Tietyssä lämpötilassa, kastepisteessä, ilma voi sisältää enintään tietyn määrän vesihöyryä. Kyseistä vesihöyry- ja kosteusmäärää kutsutaan yleisesti kyllästyskosteudeksi. Kyllästyskosteus riippuu ilman kosteudesta, sillä mitä suurempi lämpötila on niin, sitä suurempi on myös kyllästyskosteus. (Björkholtz 1997.)

## SUHTEELLINEN KOSTEUS

Suhteellisella kosteudella [RH] tarkoitetaan ilmassa olevan kosteusmäärän suhdetta kyllästyskosteuteen. (Björkholtz 1997.)

# 1 Johdanto

Tutkimuksen lähtökohtana on Digipolis Oy:n hallinnoima, CLT-koetalon ympärille keskittyvä koetaloprojekti. Projektin toteuttajaosapuolina ovat Lapin AMK, Kemin Digipolis Oy ja ammattiopisto Lappia. Projektin toimintoina toteutetaan:

- CLT-pientalon kokeellinen rakennushanke
- CLT-rakenteiden toimivuuden tutkimushanke
- CLT-rakentamisen tiedonkeruu- ja esittelyhanke.

Lapin AMKin päävastuulla ovat koetaloprojektissa toteutettavat rakennusfysikaaliset tutkimukset sekä uudesta rakenneratkaisusta koostettava koulutusmateriaali. Lapin AMKin toteuttamia tutkimuksia CLT-koetalolla ovat:

- lämpö- ja kosteustekninen seurantatutkimus
- rakenteiden paukemelun seurantatutkimus
- rakenteiden muodonmuutosten mittaukset
- vaipparakenteiden ilmatiivyyden pitkittäistutkimus.

CLT eli Cross Laminated Timber koostuu ristiin liimatuista, höylätyistä lautakerroksista. Tavallisimmin käytetään kolmea tai viittä päällekkäistä lautakerrosta. Valmistustavalla saadaan aikaan hyvin paloa kestävä, luja ja erittäin hyvin muotonsa säilyttävä sekä muihin ominaisuuksiinsa nähden kevyt elementti. CLT-levyjä voidaan käyttää rakentamisessa kantavina tai jäykistävinä rakenneosina. Vaipparakenteissa käytettyinä levyt eristetään normaaliin tapaan.

Projektin taustana on CLT-rakentamisen kasvava kiinnostus sekä Euroopassa että Pohjois-Amerikassa. Stora Enso on tuonut CLT-rakentamisen myös Suomeen, mutta elementtien valmistus tapahtuu nykyisellään Itävallan tehtailla. Ennen kuin Suomeen saadaan CLT-tehdasinvestointeja, tarvitaan lisää tietoa rakenteiden toimivuudesta Suomen olosuhteissa. Tähän tarpeeseen pyritään CLT-koetaloprojektin avulla vastaamaan. Projektin tarkoitus on myös lisätä tietoisuutta CLT-rakentamisesta sekä vauhdittaa tämäntyyppisen rakentamisen huomioimista rakennusalan koulutuksessa.

CLT-koetaloprojektissa toteutettavan seurantatutkimuksen tarkoituksena on täydentää sitä kuvaa, mikä CLT-rakenteista on jo tähän mennessä tutkimuksellisin keinoin selvitetty. Suomalaisessa tutkimuksessa CLT-rakenteiden rakennusfysikaalista toimivuutta on aiemmin selvitetty mm. VTT:n tutkimusselostuksessa vuodelta 2011. Selvityksessä tehtiin rakenteen tarkasteluita simuloimalla lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa WUFI 5.1 Pro laskentaohjelmiston avulla.

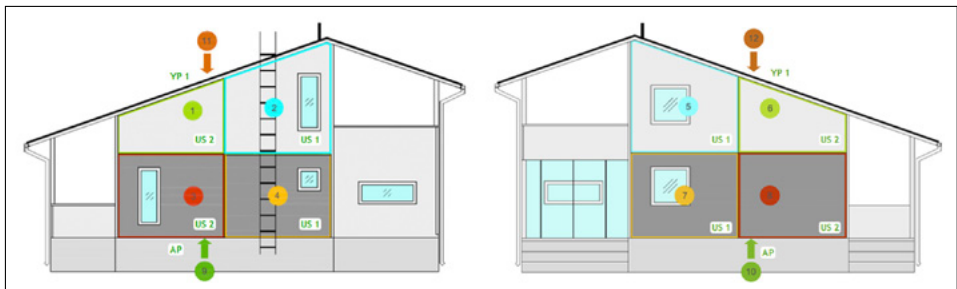
CLT-koetalossa tehtävä kenttätutkimus sopii hyvin laskennallisten tarkasteluiden rinnalle todentamaan rakenteiden toimintaa todellisissa olosuhteissa. Koetalossa toteutettavat vaipparakenteiden lämpö- ja kosteustekniset mittaukset ovat tärkeä osa koetaloprojektin tuloksia. Lämpö- ja kosteusteknisen toimivuuden lisäksi CLT-koetaloprojektin tutkimuksissa selvitetään useita muita CLT-rakentamisen kannalta mielenkiintoisia aiheita, kuten rakenteiden paukumelua, ilmatiiviyttä ja muodonmuutoksia.

Tämä raportti on ensimmäinen neljästä vuonna 2014 julkaistavasta CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknisistä analysoinnin seurantaraporteista. Tässä Q1-raportissa analysoidaan tammi-, helmi- ja maaliskuun rakennusfysikaalisia tapahtumia. Raportissa käydään läpi CLT-koetalon rakenteen lämpö- ja kosteusteknistä toimintaa mittausajanjaksolla, vertaillaan koetalossa käytettäviä ulkoseinärakenteita (US<sub>1</sub>-US<sub>2</sub>) sekä tutkitaan julkisivun ja ulkoverhouksen värin vaikutusta rakenteen toimintaan koetalossa.

Kosteusolosuhteet koetalossa muuttuivat mittausajanjakson aikana 26.2.2014, jolloin taloon tuotiin ilmankostutin. Ilmankostuttimen avulla taloon tuotetaan kosteuslisää, jonka tarkoituksena on luoda koetaloon samankaltaiset kosteusolosuhteet kuten asuminen ja tai muu tilojen aktiivinen käyttö tavallisesti aiheuttaa. Ilmankostuttimen avulla tavoiteltu sisäilman keskimääräinen kosteuslisä pidetään noin 2–3 g/m<sup>3</sup> tasolla.

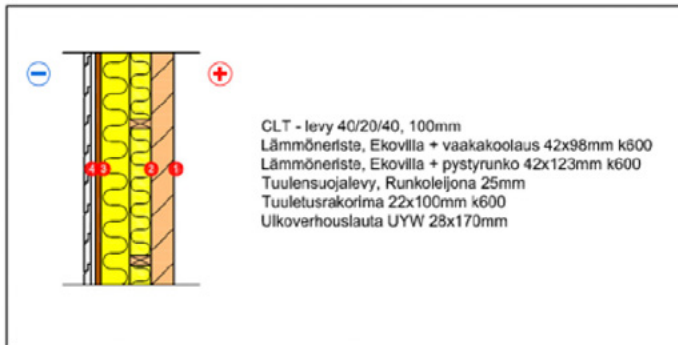
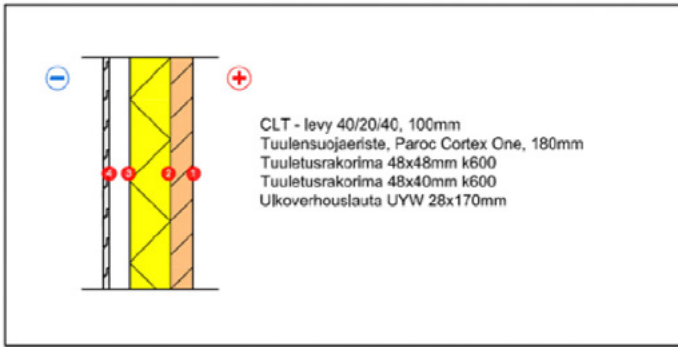
## 2 Tutkimusjärjestelyt

Vaipparakenteiden lämpö- ja kosteustekninen tutkimus on keskitetty talon pohjois- ja eteläpäättyihin. Rakenteiden toteuttamisvaiheessa noudatettiin erityistä huolellisuutta, jotta tutkimusasetelma säilyi luotettavana. Rakenteet suunniteltiin määräysten nykyisen normitason mukaisiksi ja huolellisesta toteutuksesta kertoo mm. saavutettu hyvä tiiviystaso ( $n_{50} = 0,8 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ). Yhdellä tutkittavalla seinällä on käytetty julkisivussa kahta erilaista pintaväriä (vaalea ja tumma) ja kahta erilaista eristemateriaalia (mineraalivilla ja puukuitueriste). Näin ollen tutkittavia sektoreita tulee yhdelle seinälle neljä ja kahdelle seinälle yhteensä kahdeksan kappaletta. Ala- ja yläpohjarakenteet mukaan luettuina tutkittavia rakennuksen vaipan rakennetyyppejä on kymmenen erilaista. Mittaussektoreita on kuitenkin kaikkiaan 12 kpl, sillä ylä- ja alapohjassa on molemmissa kaksi sektoria. US1 seinärakenne on toteutettu sektoreihin 1,3,6 ja 8 ja US2 seinärakenne puolestaan sektoreihin 2,4,5 ja 7. Alapohjassa on sijoitettu sektorit 9 ja 10 sekä yläpohjaan sektorit 11 ja 12. (Kuva 1 Mittaussektorit)

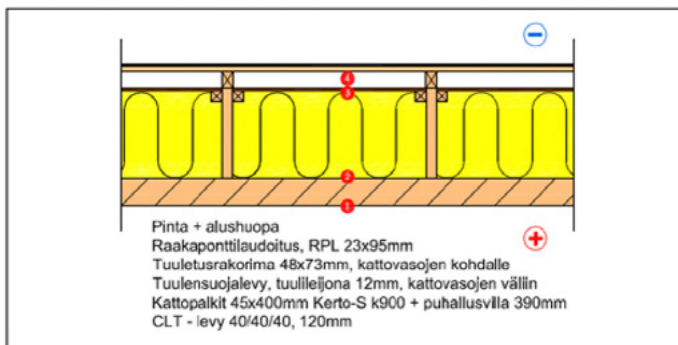
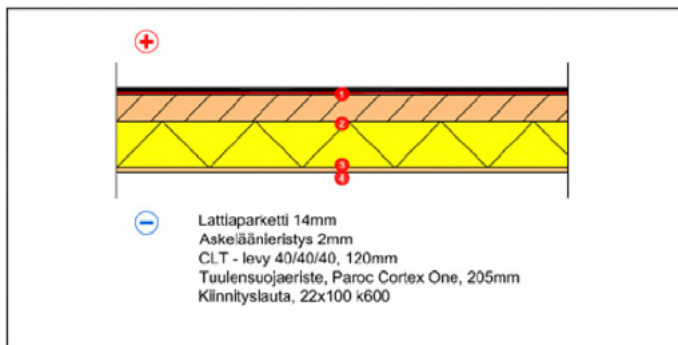


**Kuva 1.** Mittaussektorit

Vaipparakenteissa mitataan reaaliaikaisesti lämpötilaa ja suhteellista kosteutta rakenteen poikkileikkauksen suunnassa yhteensä neljässä mittauspisteessä. Raportissa käytetään mittauspisteistä nimitystä *Layer*. Tutkittavat tasot eli layerit rakenteessa ovat: CLT-levyn sisäpinta (1), CLT-levyn ulkopinta/eristetilan sisäpinta (2), eristetilan ulkopinta/tuulensuojan sisäpinta (3), ilmarako/ulkoverhouksen takapinta/ryömintätila (4).



**Kuva 2.**  
 Rakenneleikkaukset  
 ja mittauslayerit US1  
 ja US2



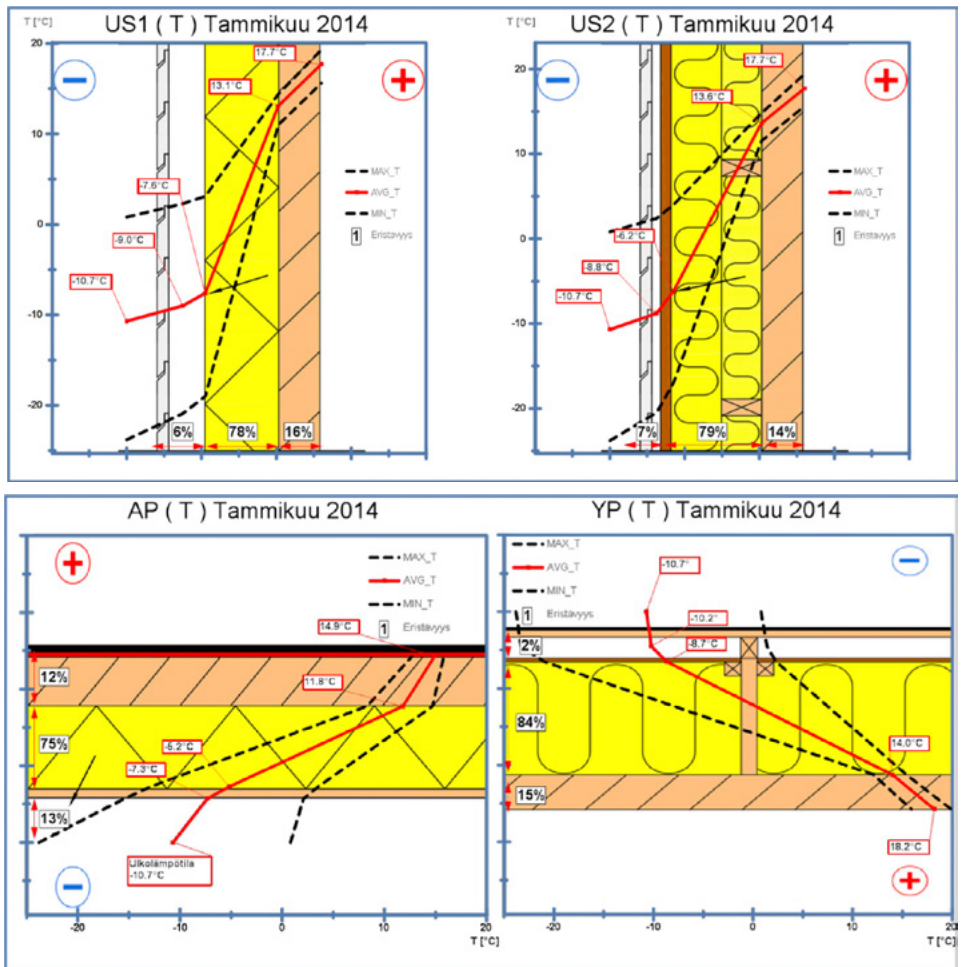
**Kuva 3.**  
 Rakenneleikkaukset  
 ja mittauslayerit AP  
 ja YP



# 3 Tulokset: Q1/2014 tarkastelujakson huomiot CLT-koetalossa

## 3.1 LÄMPÖTEKNINEN TOIMIVUUS

Mittausdatasta saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että rakenteet toimivat lämpöteknisesti hyvin. Rakenteiden lämpöteknistä toimintaa tukee myös rakennuk-

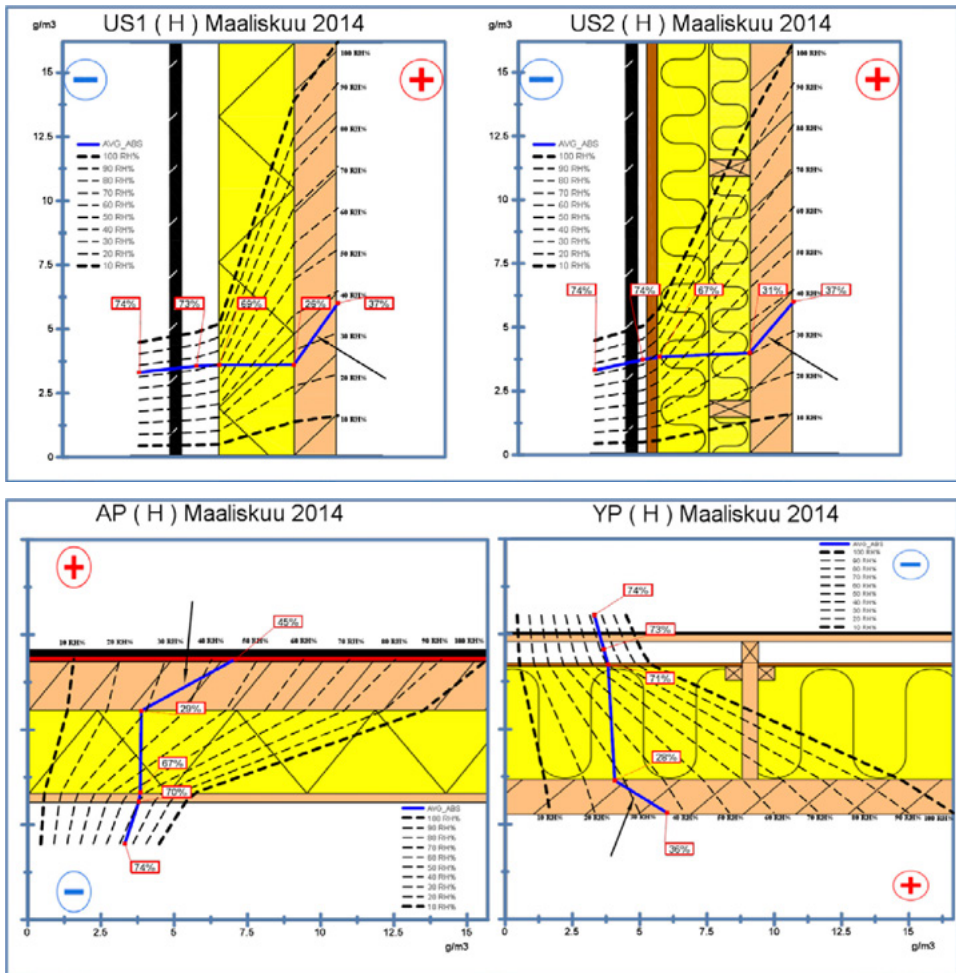


**Kuva 4.** Lämpötilajakaumat rakenteissa tammikuussa 2014 mittaussektoreissa 2 (US1), 1 (US2), 9 (AP) ja 11 (YP)

sen vaipan hyvä tiiviystaso, ilmatiiveysmittauksissa rakennuksen n<sub>50</sub> ilmavuotolu-  
vuksi saatiin 0,8 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>. Rakenteiden eri osien vaikutus lämpöjakaumaan ilmenee  
kuvan 4 mukaisesti mukaisesti tammikuun mittausarvoilla. Eristetilan osuus on ollut  
välillä 75–84 %, CLT-levyn välillä 12–16 % ja rakenteen ulompien osien välillä 2–13 %.  
CLT-runkoelementin ulkopinnan lämpötilat (layer 2) pysyivät koko tarkastelujakson  
ajan reilusti +10 °C yläpuolella. Alapohjan (AP) kuvaajasta nähdään myös ryömintä-  
tilan vaikutus rakenteen eristävytyteen (13 % lämpötilajakaumasta). US1- ja US2 -ku-  
vaajista voidaan havaita, että layerissä 3 lämpötilaero on 1,4 °C, tämä johtuu US2-ra-  
kenteen 25 mm paksuisesta tuulensuojalevystä ja ero havaitaan tuloksissa koko tutki-  
muksen ajan. Rakenne- ja lämpötilaero on huomioitava myös vertailtaessa suhteelli-  
sen kosteuden arvoja vastaavissa tilanteissa.

### 3.2 KOSTEUSTEKNINEN TOIMIVUUS

Mittaustuloksista voidaan päätellä, että CLT-levy rakenteen sisäpinnassa toimii ra-  
kenteellisena höyrynsulkuna tehokkaasti ja estää diffuusion vaikutuksesta siirtyvän  
kosteusvirran sisäilmasta rakenteen ulompiin osiin (Kuva 5). Maaliskuun kuvaajista  
nähdään, että absoluuttisen kosteuden ero CLT-elementin eri puolilla on huomattava,  
eikä kosteutta siirry CLT-levyn läpi juuri lainkaan. Kuvaajista nähdään myös, että  
suhteelliset kosteudet rakenteen eri osissa ovat pysyneet vuodenaikaan nähden olete-  
tulla ja turvallisella tasolla. Lähellä *kyllästyskosteutta* (eli kastepistettä) olevia tai  
muutoin haitallisia suhteellisen kosteuden arvoja ei ole mittausjakson aikana esiinty-  
nyt koetalon rakenteissa. Tarkastelujakson muut kuvaajat löytyvät raportin lopusta  
liitteinä.



**Kuva 5.** Kosteusjakaumat rakenteissa maaliskuussa 2014 mittaussektoreissa 4 (US1), 3 (US2), 10 (AP) ja 11 (YP)

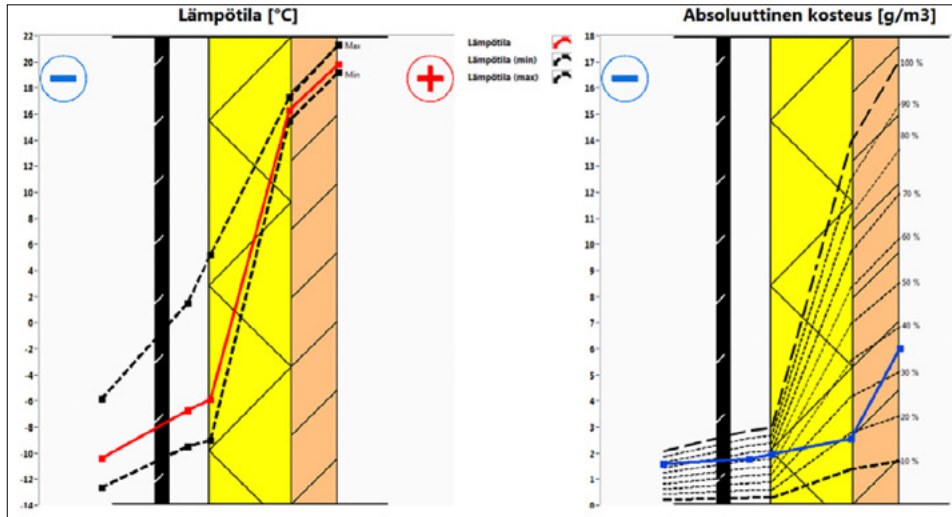
### 3.3 HYGROSKOOPPISUUS US1 – US2

Mineraalivillan (US<sub>1</sub>) hygroskooppisuus on pientä ja tämä on havaittavissa, kun ulkolämpötila laskee nopeasti pakkasen puolelle ja ilman absoluuttinen kosteus pienee. Tällöin koko eristekerroksen absoluuttinen kosteus laskee nopeasti ulkoilman tasolle (ns. *desorptio*). Puukuutueristeen (US<sub>2</sub>) hygroskooppisuus on huomattavasti suurempaa ja tämä havaitaan ulkoilman muuttuessa kuivemmaksi, jolloin puukuutueriste pitää *absorptoituneen* kosteuden itsessään huomattavasti mineraalivillaa pidempään. Sama ilmiö on havaittavissa nopeissa muutoksissa myös toiseen suuntaan. Tällöin puukuutueriste puolestaan absorboi itseensä kosteutta ympäristön kosteusolosuhteiden noustessa ja absoluuttinen kosteus nousee hitaammin kuin mineraalivillan

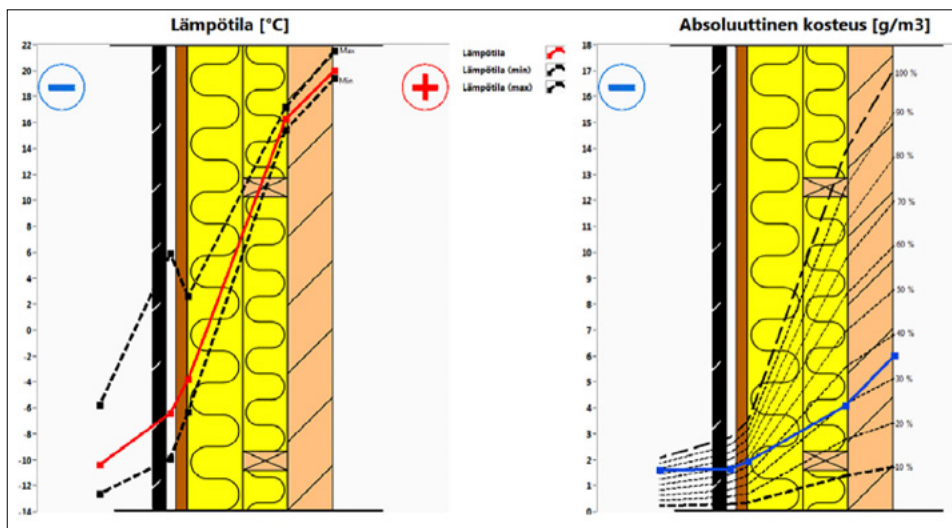
huokosilmassa. Kokonaisuuteen vaikuttaa myös CLT-levyn toiminta, joka itsessäänkin tasoittaa ympäristön kosteusvaihteluita niin sisäilmassa kuin eristetilassakin.

Alla olevassa vuorokauden keskiarvo- ja vaihteluvälikuvaajassa nähdään tilanne pakkaskauden alussa vierekkäisissä sektoreissa 7 ja 8, jolloin mineraalivillaeriste on jo asettumassa tasapainokosteuteen, mutta puukuitueristeen desorptio on vielä käynnissä. Absoluuttisen kosteuden ero eristetilän sisäosassa (layerissä 2) on tällaisessa tilanteessa noin 2 g/m<sup>3</sup>.

Sektori 7 US1 (mineraalivillaeriste)



Sektori 8 US2 (puukuitueriste)

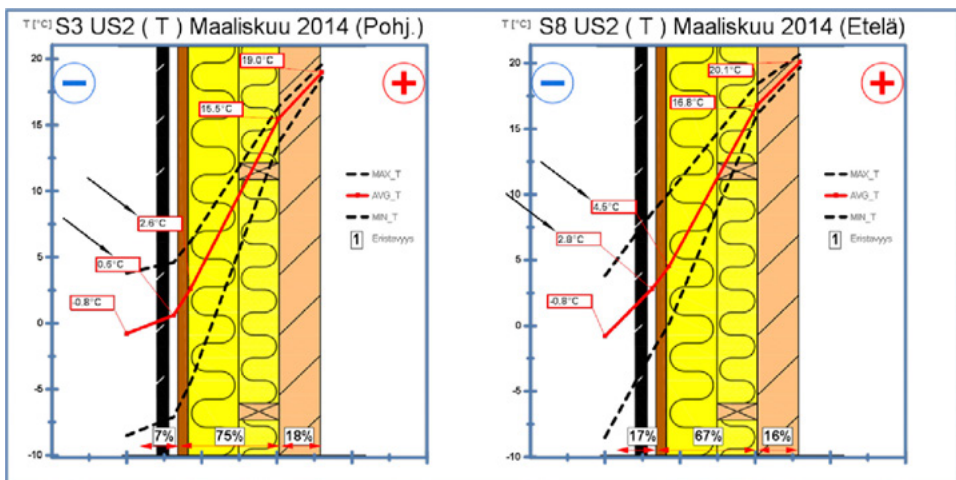


**Kuva 6.** Eristeen hygroσκοoppisuuden vaikutus seinärakenteissa

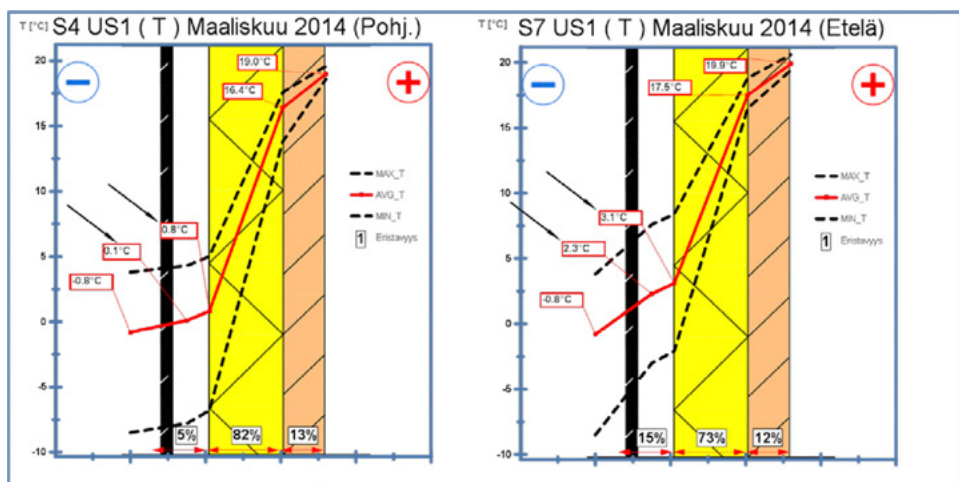
### 3.4 POHJOINEN / ETELÄ

Julkisivun ilmansuunnan merkitys rakenteen lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan alkaa näkyä maaliskuun puolella välissä, kun auringon säteilyteho lisääntyy. Eteläpuoleiset seinärakenteet lämpenevät päiväsaikaan huomattavasti enemmän kuin pohjoispuoleiset seinärakenteet ja lämpenemisen vaikutus näkyy myös rakenteen sisemmissä osissa.

Alla olevissa kuvaajissa on esitetty US2-rakenteen maaliskuun kuukausikeskiarvot, joissa havaitaan noin 2 °C ero sektoreiden 3 ja 8 välillä layereissa 3 ja 4. Layereissa 1 ja 2 lämpötilaeroa on noin 1 °C verran. Lämpötilajakaumassa on myös havaittavissa suuret erot pohjois- ja eteläseinän välillä. Mineraalivillaeristeisessä US1-rakenteessa havaitaan vastaavat erot rakenteen lämpötiloissa. Eroavaisuuksia voi tarkastella näiden sektoreiden osalta liitteessä esitettyjen mittaustulosten perusteella.



**Kuva 7.** Ilmansuunnan vaikutus US2 rakenteeseen



**Kuva 8.** Ilmansuunnan vaikutus US1 rakenteeseen

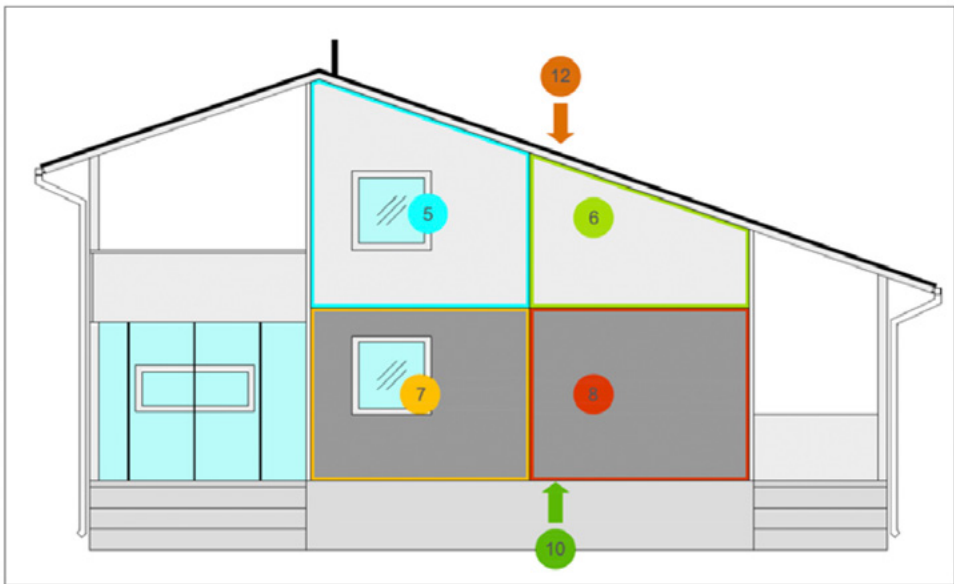
### 3.5 TUMMA ULKOVERHOUS / VAALEA ULKOVERHOUS

Etelänpuoleisella US2-ulkoseinärakenteella ulkoverhouksen värillä (sektorit 6 ja 8) ei ole huomattavaa vaikutusta rakenteen lämpötilaan. Ulkoseinärakenteessa US1 layereissa 3 havaitaan, että tumman sektorin 7 maaliskuun keskilämpötila on 0,8 °C korkeampi kuin vastaavassa pisteessä vaaleassa sektorissa 5. Tämän lämpötilaeron yhtenä syynä voi olla juuri ulkoverhouksen väriero. Toisaalta tuuletusrako on normaalista poikkeava (88 mm), tuuletusväli luultavasti tasaa ulkoverhouksen värierosta syntyviä lämpötilaeroja tehokkaasti. Taulukossa 1 nähdään maaliskuun eteläseinän keskiarvot US1-rakenteessa päällekkäiset sektorit 5 (vaalea) ja 7 (tumma) sekä US2-rakenteessa päällekkäiset sektorit 6 (vaalea) ja 8 (tumma).

**Taulukko 1.** Ulkoverhouksen värin merkitys rakenteiden maaliskuun keskiarvoihin layereissa 1-4.

LAYER	US1			US2		
	T [ °C]	RH [%]	ABS [g/m <sup>3</sup> ]	T [ °C]	RH [%]	ABS [g/m <sup>3</sup> ]
1	20,2	35,0	6,0	20,3	35,0	6,2
2	16,9	24,6	3,5	17,2	29,3	4,2
3	2,3	63,6	3,7	4,4	61,8	4,1
4	2,0	65,1	3,6	2,8	62,2	3,7
ULKO	-0,8	73,8	3,3	-0,8	73,8	3,3

	S7			S8		
LAYER	T [°C]	RH [%]	ABS [g/m <sup>3</sup> ]	T [°C]	RH [%]	ABS [g/m <sup>3</sup> ]
1	19,9	36,9	6,3	20,1	36,8	6,3
2	17,5	24,5	3,6	16,8	29,9	4,3
3	3,1	61,7	3,7	4,5	57,1	3,8
4	2,3	64,1	3,7	2,8	60,0	3,6
ULKO	-0,8	73,8	3,3	-0,8	73,8	3,3



**Kuva 9.** Mittaussektorit julkisivu etelä

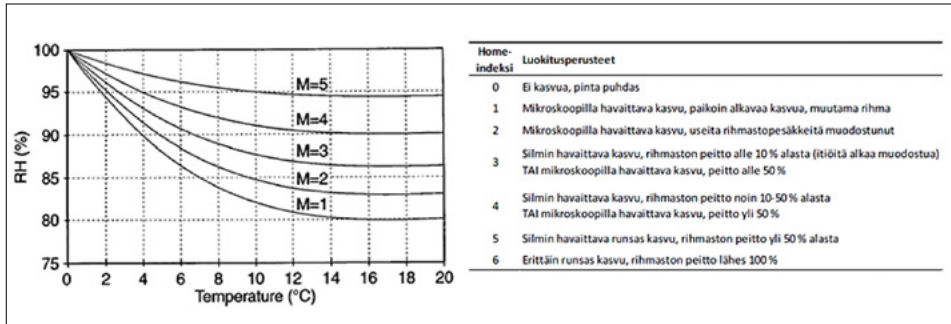
### 3.6 HOMERISKITARKASTELU

CLT-koetaloprojektissa tutkitaan myös mahdollista homeen kasvua rakenteissa alun perin Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen (VTT) kehittämällä homeen kasvun laskentamallilla, jonka kehitystyö aloitettiin 1980-luvulla. Homemallin kehitystyötä on jatkettu Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) ja VTT:n toimesta yhteisprojektissa vuosina 2005–2008 sekä VTT:n ja TTY:n yhteisessä jatkokehityshankkeessa (ENERSIS v.2010–2013), joissa mallin tarkkuutta on pyritty parantamaan entisestään. Kehitystyön tuloksena on saatu aikaan VTT-TTY homeriskimalli. (VTT 2011.)

VTT-TTY homeriskimallia käyttämällä voidaan arvioida homeen kasvun riskiä eri rakennusmateriaalien pinnalla muuttuvissa lämpötila- ja kosteusolosuhteissa. Mallin avulla voidaan selvittää kuinka kauan ja paljon rakenteet ja materiaalit kestävät kos-

teutta ennen kuin hometta alkaa kasvaa. Mallia voidaan käyttää myös apuna raken-  
nusten home- ja kosteusongelmien ehkäisyyn sekä arvioimaan home- ja kosteusvau-  
rioiden laatua ja niiden korjaustarpeen laatua. (VTT 2011.)

Homeen kasvulle suosiolliset olosuhteet riippuvat ympäristössä vallitsevista lämpö-  
ja kosteusolosuhteista. Matalampi lämpötila vaatii suuremman suhteellisen kosteuden,  
jotta homeen kasvu on mahdollista alkaa. Kuvassa 10 esitetään olosuhteet, jolloin  
homeenkasvu on mahdollista sekä homeindeksin luokitusperusteet.



**Kuva 10** Homeen kasvulle suotuisat olosuhteet ja homeindeksin luokitusperusteet (VTT 2011.)

\* Homemallin yleisesti käytettävän laskentamallin julkistaminen on vielä VTT:llä ja TTY:llä kes-  
ken eikä malli ole ollut käytettävissä tämän raportin tekemisen aikana. Homemalliin perustu-  
vat tulokset julkaistaan yksityiskohtaisemmin tulevissa CLT koetalon analysointiraporteissa.  
Alustavien tarkasteluiden perusteella voidaan kuitenkin todeta, että CLT-koetalon rakenteissa  
ei ole esiintynyt riskiä homeen kasvun suhteen tämän raportointikauden aikana.



## 4 Yhteenvedo

Q1-analysointiraportissa esitettiin tuloksia Kemiin Digipolis-kampuksen alueelle rakennetun CLT-koetalon vaipparakenteiden lämpö- ja kosteusteknisestä toiminnasta. Raportissa tutkittiin rakenteissa esiintyviä lämpö- ja kosteusolosuhteita tammi-, helmi- ja maaliskuun ajalta. Koetalon rakenteissa mitattavia suureita olivat lämpötila [°C] ja suhteellinen kosteus [RH %]. Mittaukset tehtiin koetalon rakenteisiin sijoitetuilla mittaustureilla.

Tutkimuksen tarkoituksena oli varmistaa CLT-materiaalin rakennusfysikaalinen toiminta Suomen olosuhteissa. Raportissa tutkittiin myös ilmansuunnan (etelä/pohjoinen), julkisivun värin (tumma/vaalea) ja eristemateriaali (puukuitu/mineraalivilla) vaikutusta rakennuksen lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan.

Mittausten perusteella voitiin todeta, että CLT-koetalon vaipparakenteet toimivat lämpö- ja kosteusteknisesti hyvin. Lämpötekniistä toimintaa tukee myös rakennuksen vaipan hyvä tiiviystaso, ilmatiiveysmittauksissa rakennuksen n50 ilmavuotoluvuksi saatiin 0,8 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>. Kosteuden seurannan mittaustuloksista voidaan myös todeta, että CLT-levy toimii rakenteessa tehokkaana höyrynsulkuna, joten erillistä ilman- ja höyrynsulkua ei tarvita tämänkaltaisissa CLT-rakenteissa lainkaan.

Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan myös huomata, että CLT-koetalossa käytettävillä eristemateriaaleilla on erilaiset hygroskooppiset ominaisuudet. Ulkoseinä-rakennetyypissä (US1) käytetyn mineraalivillaeristeen (Paroc Cortex One) hygroskooppisuus on hyvin pientä ja tästä johtuen kosteusolosuhteet eristetilan sisällä reagoivat nopeasti ympäröiviin muuttuviin olosuhteisiin. Sen sijaan ulkoseinä-rakennetyypissä (US2) käytetyn puukuitueristeen (Ekovilla) hygroskooppisuus on suurta, jonka vuoksi äkilliset ulkoilman olosuhteiden muutokset eivät vaikuta sen huokosilman kosteuspitoisuuteen yhtä nopeasti.

Mittausten perusteella todettiin, että tammi- ja helmikuun aikana julkisivun ilmansuunnalla ei ollut suurta vaikutusta rakenteen rakennusfysikaaliseen toimintaan. Maaliskuussa, kun auringon säteilyteho alkoi lisääntyä, mittaustuloksista voitiin todeta, että etelänpuoleisen seinärakenteen lämpötilat ovat huomattavasti suurempia kuin pohjoispuolella. Kosteusteknisesti julkisivun ilmansuunnalla ei ole ollut vaikutusta rakenteen toimintaan ja absoluuttiset kosteudet ovatkin olleet samalla tasolla sekä etelä- että pohjoispuolella.

Julkisivun värillä ei ensimmäisen mittausajanjakson aikana huomattu suurta vaikutusta rakenteen lämpö- ja kosteustekniseen toimintaan. Maaliskuun mittausdatan perusteella voidaan kuitenkin todeta, että eteläpuoleisessa US1-seinärakenteessa, layerissä 3 (mineraalivillaeristelevyn ja tuuletusraon rajapinnassa) tumman julkisivun omaava sektori 7:n keskilämpötila on 0,8 °C suurempi kuin vastaavassa mittauspisteessä vaalealla julkisivulla sektorissa 5. Kosteusteknisen toiminnan kannalta voitiin myös todeta, ettei julkisivun värillä ole vaikutusta rakenteen toimintaan, sillä absoluuttisen kosteuden määrä pysyi samana. Toisaalta kyseiset mittaussektorit sijaitsevat koetalossa päällekkäin ja näillä on sama tuuletusväli, joka tasaa kosteuden samalle tasolle tuuletusvälissä.

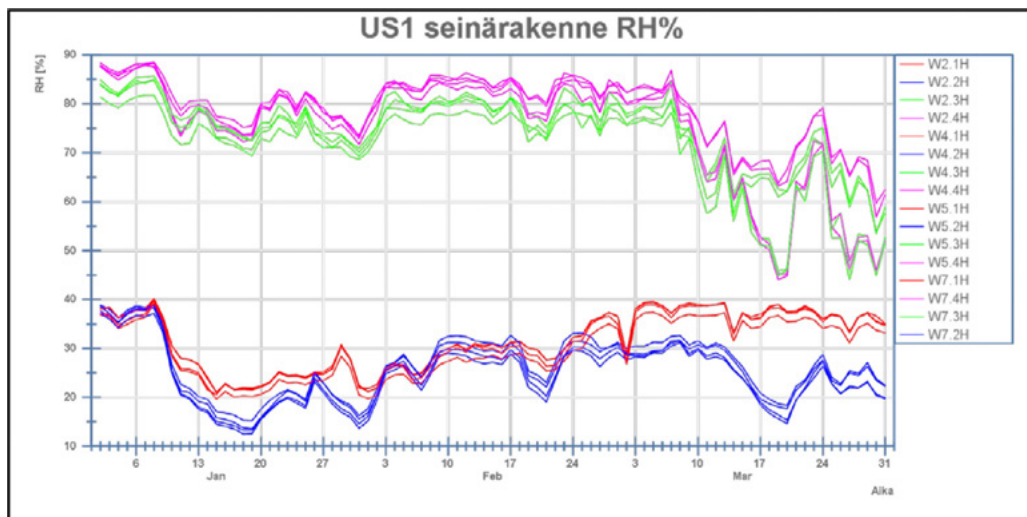
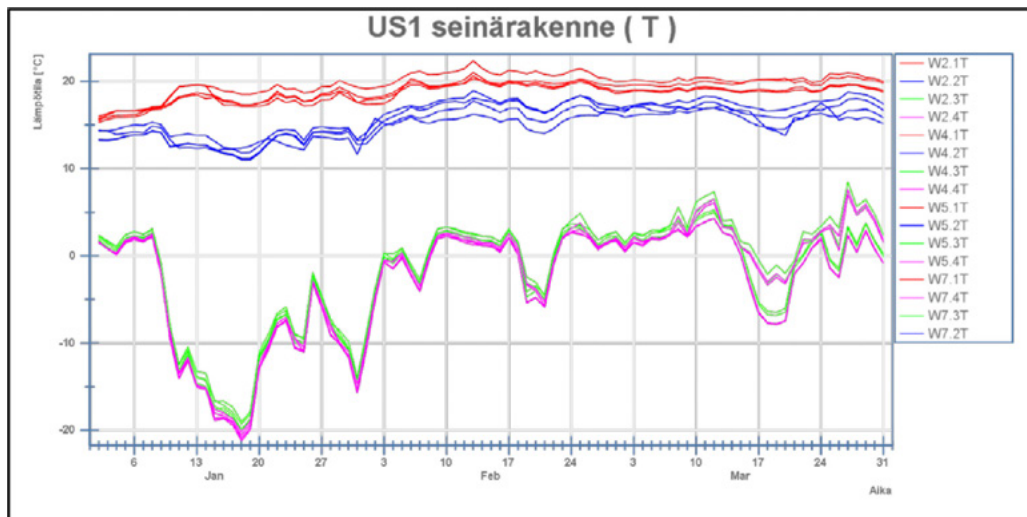
Tutkimuksessa tutkitaan myös CLT-koetalon rakenteiden laskennallista homeutumisherkkyttä VTT:n ja TTY:n kehittämän homemallin avulla. Varsinaiset tulokset julkaistaan myöhemmin, kun homemallin yleisesti käytettävä versio on virallisesti julkaistu. Alustavien tarkasteluiden perusteella voidaan kuitenkin todeta, että CLT-koetalon rakenteissa ei ole esiintynyt riskiä homeen kasvun suhteen.

# Lähteet

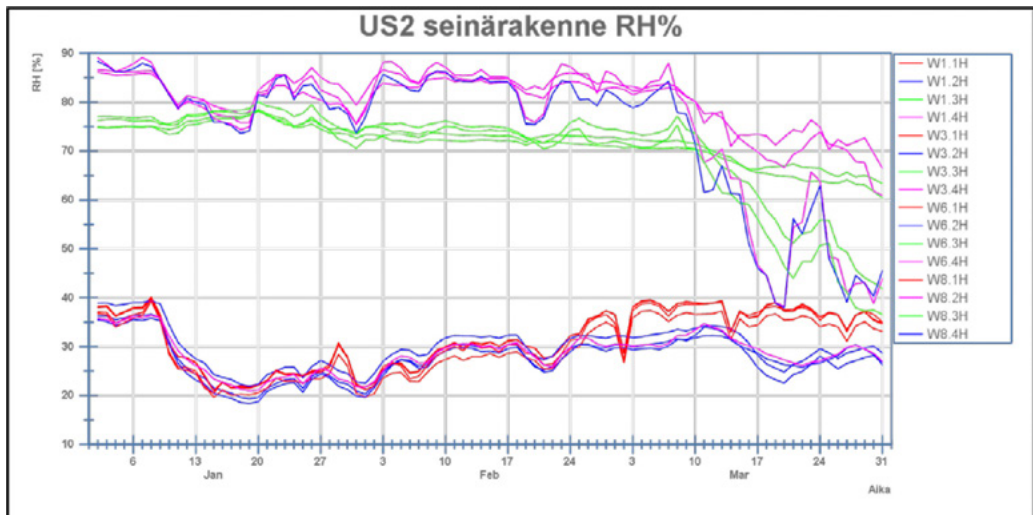
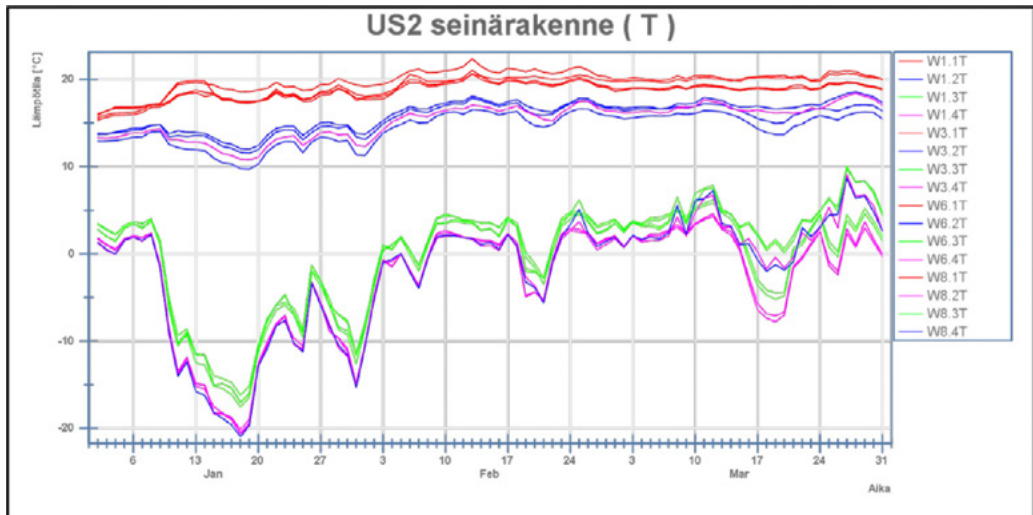
- Björkholtz D. 1997. Lämpö ja kosteus rakennusfysiikka. Helsinki: Rakennustieto Oy  
Rafnet-ryhmä 2004. Rakennusfysiikkaa rakennusinsinööreille. Kosteus. Osoitteessa  
[http://www.tekniikka.oamk.fi/~kimmoi/talrakjatko/kosteus\\_27092004.pdf](http://www.tekniikka.oamk.fi/~kimmoi/talrakjatko/kosteus_27092004.pdf).  
22.4.2014
- RT 1989= Ilmasto, kosteus, sade ja lumi 05-10410. Rakennustietosäätiö.
- VTT 2011. Homeen kasvun mallin kehitystyö. Osoitteessa <http://www.rakennusteollisuus.fi/frame>. 25.4.2014

**Liite 1:** Koko mittausjakson lämpötilan, suhteellisen kosteuden ja homeindeksin kuvaajat rakennetyypeittäin

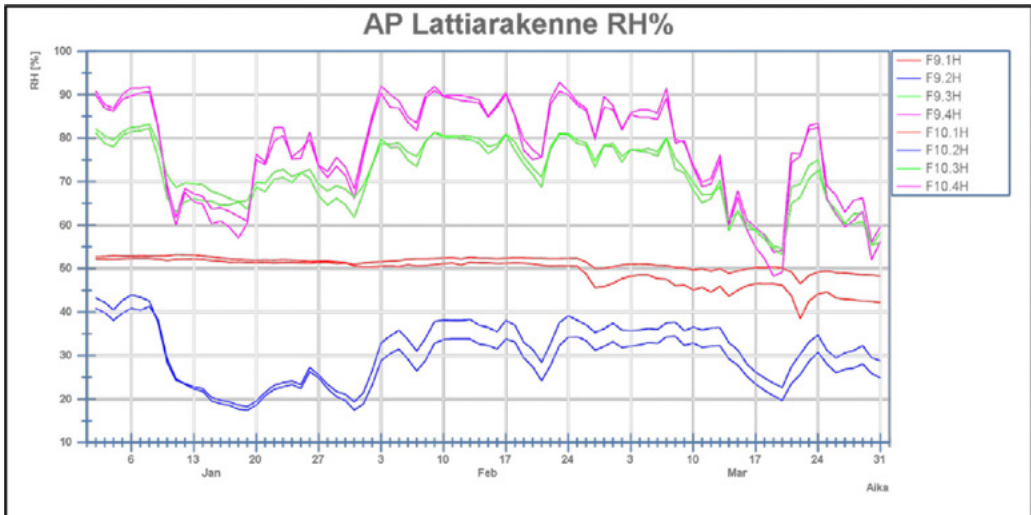
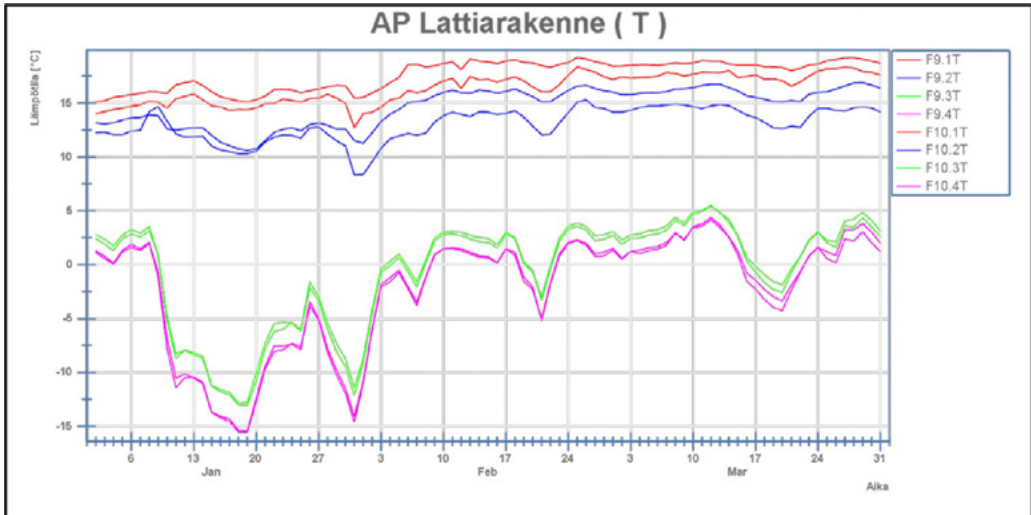
US1



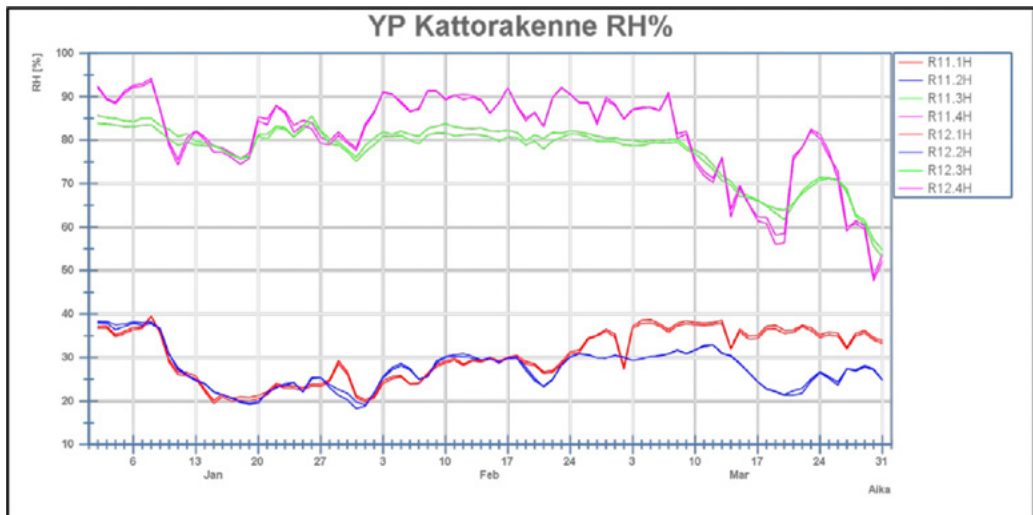
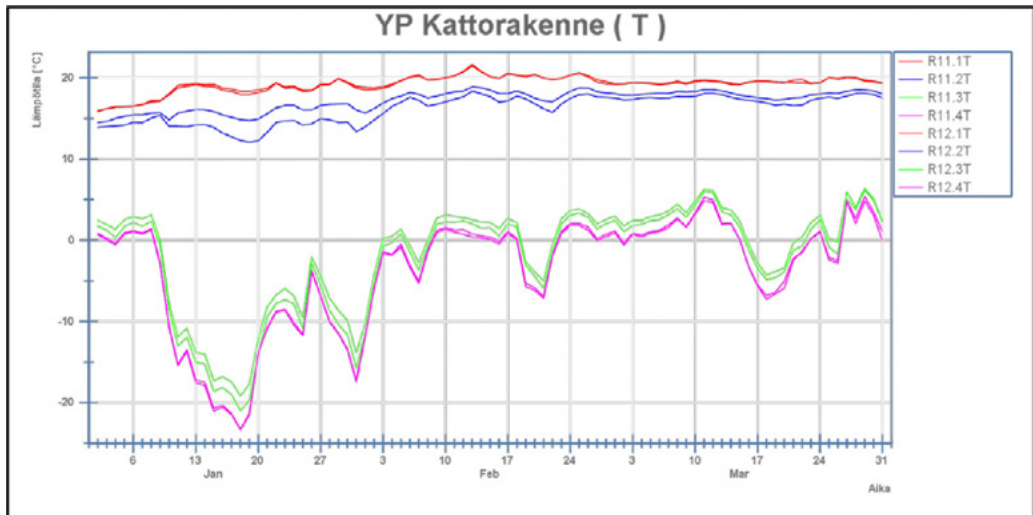
US2



AP

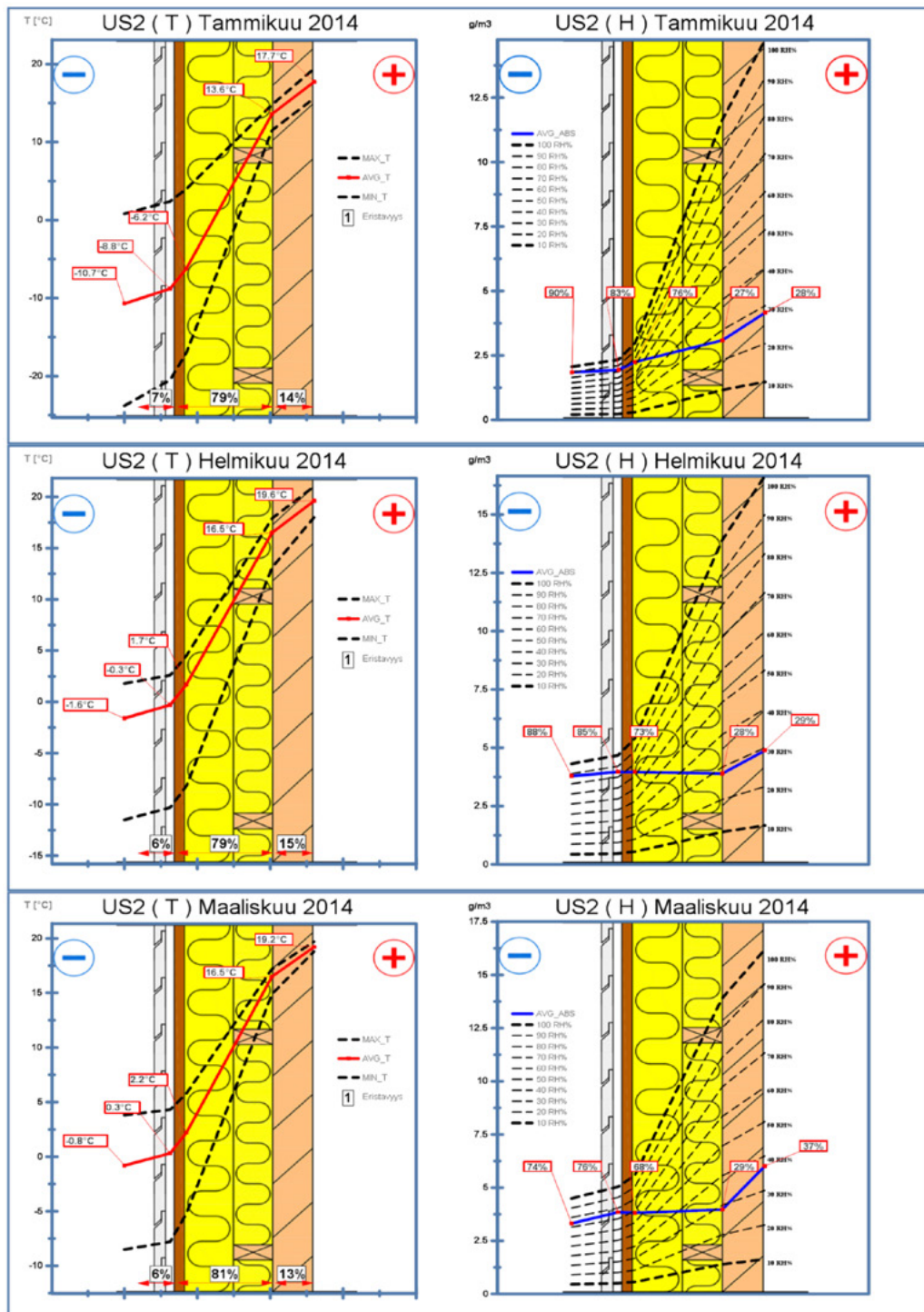


YP



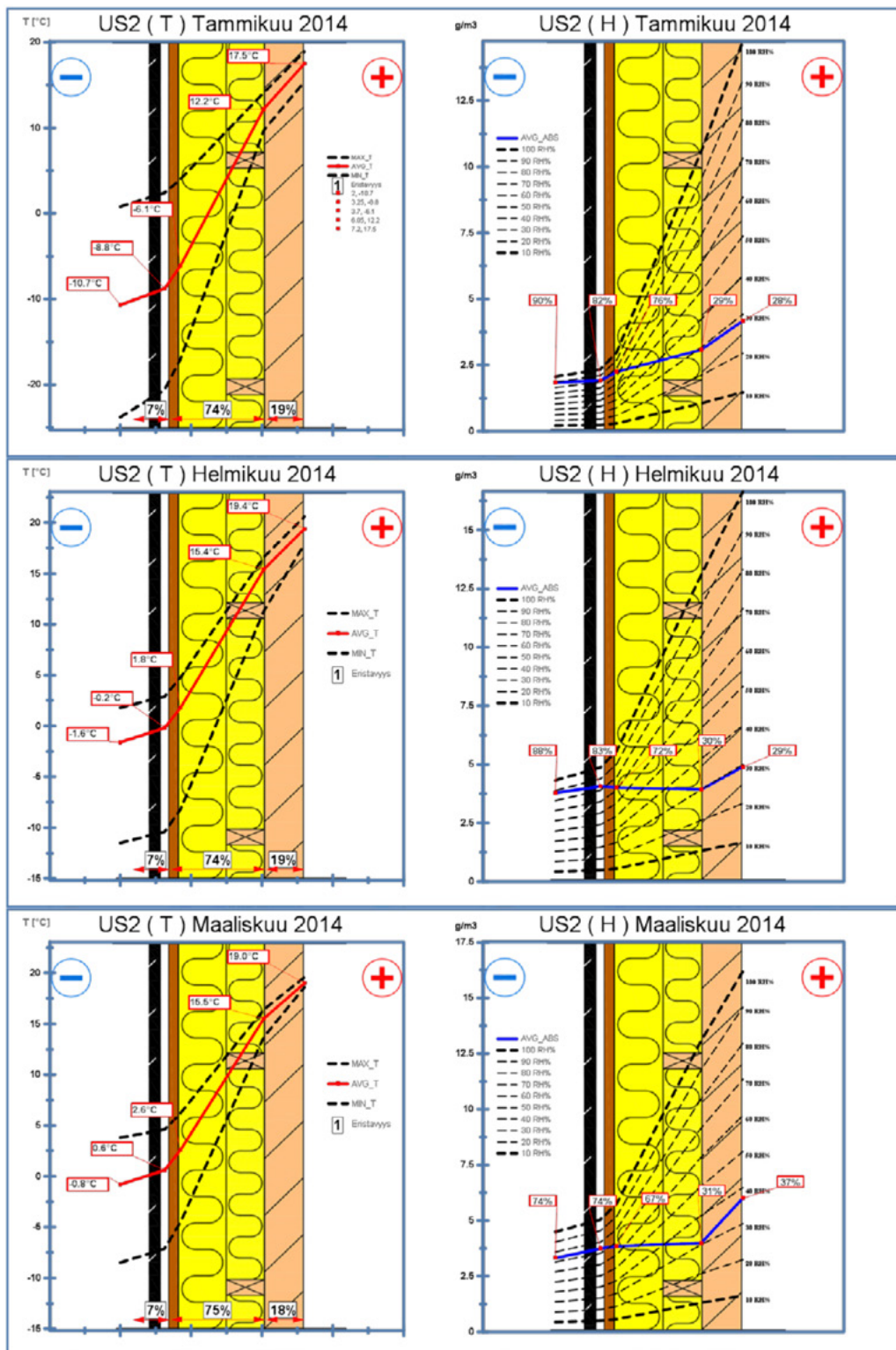
**Liite 2** Kuukauden keskiarvot, lämpötilajakaumat ja vaihteluvälit rakenteissa

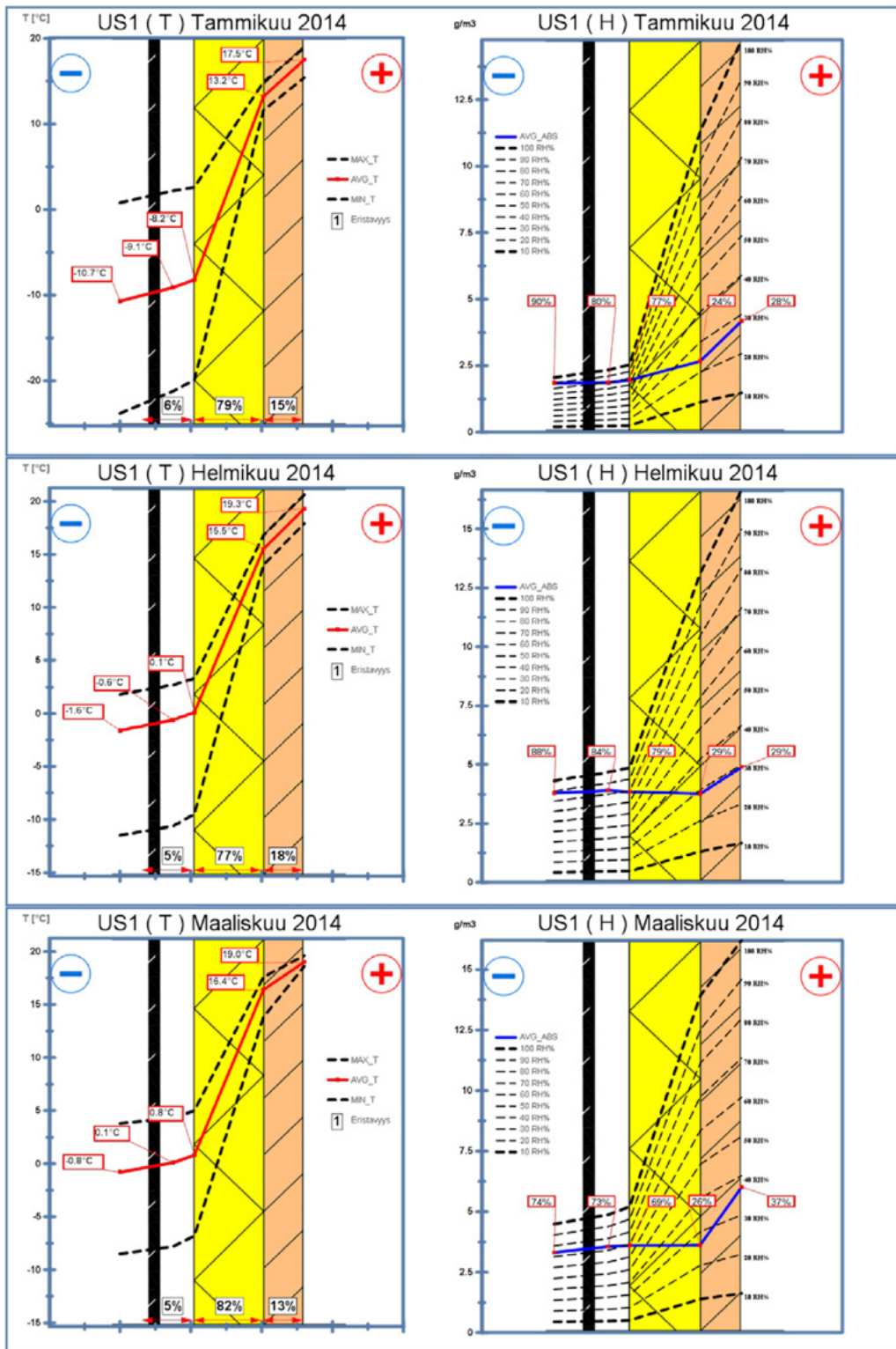
Sektori 1 / US 2 / vaalea ulkoverhous / pohjoinen

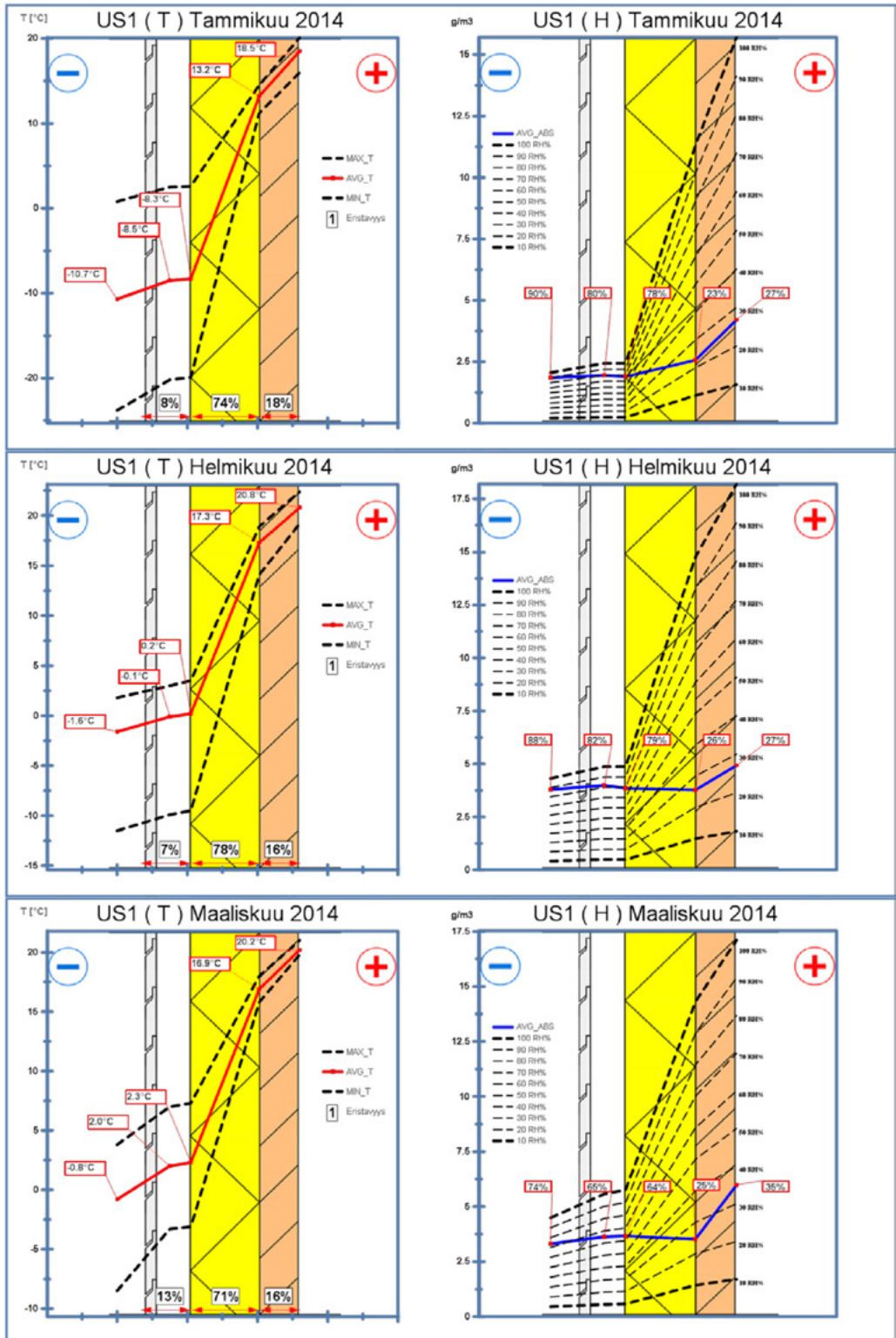


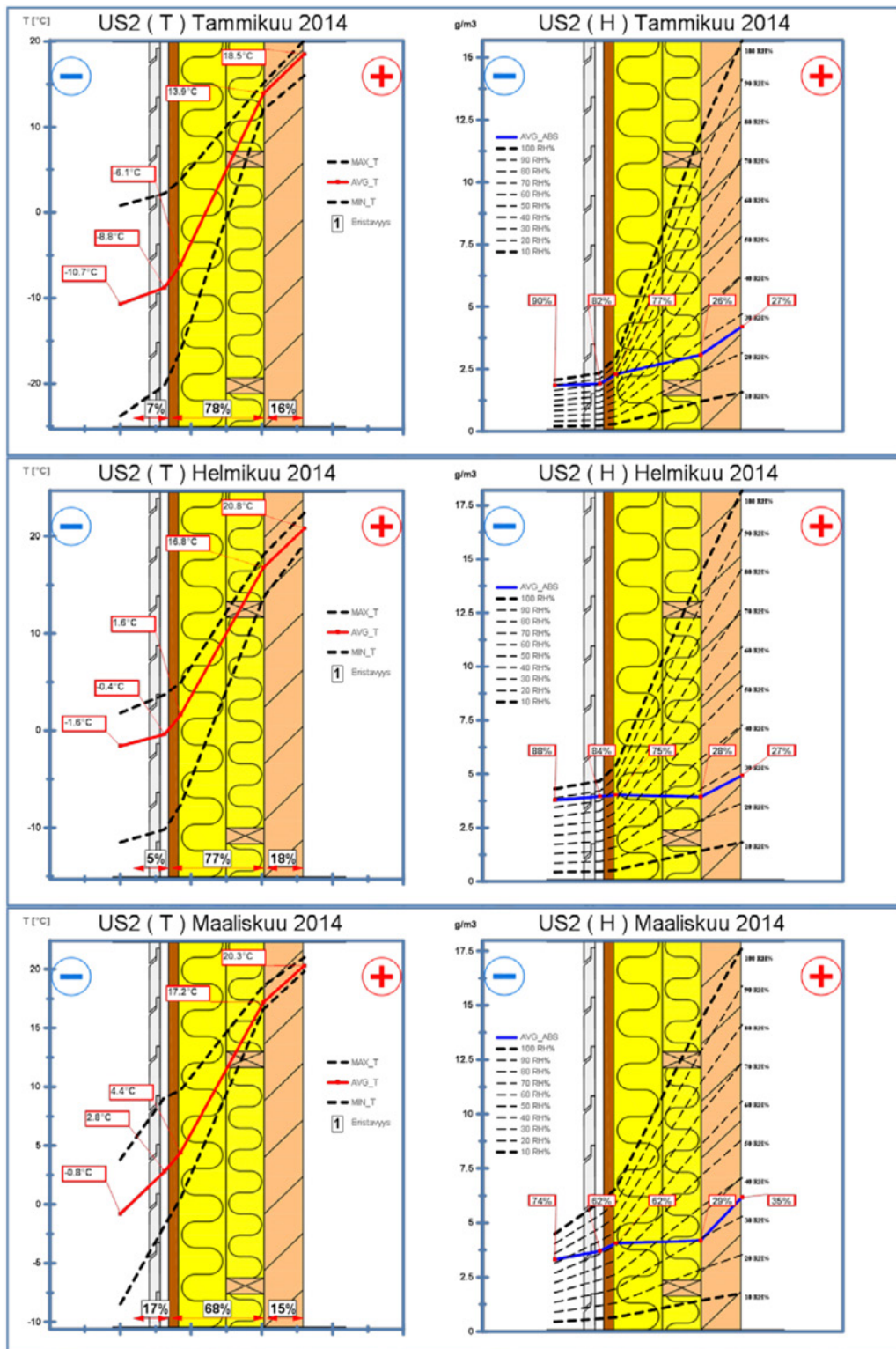


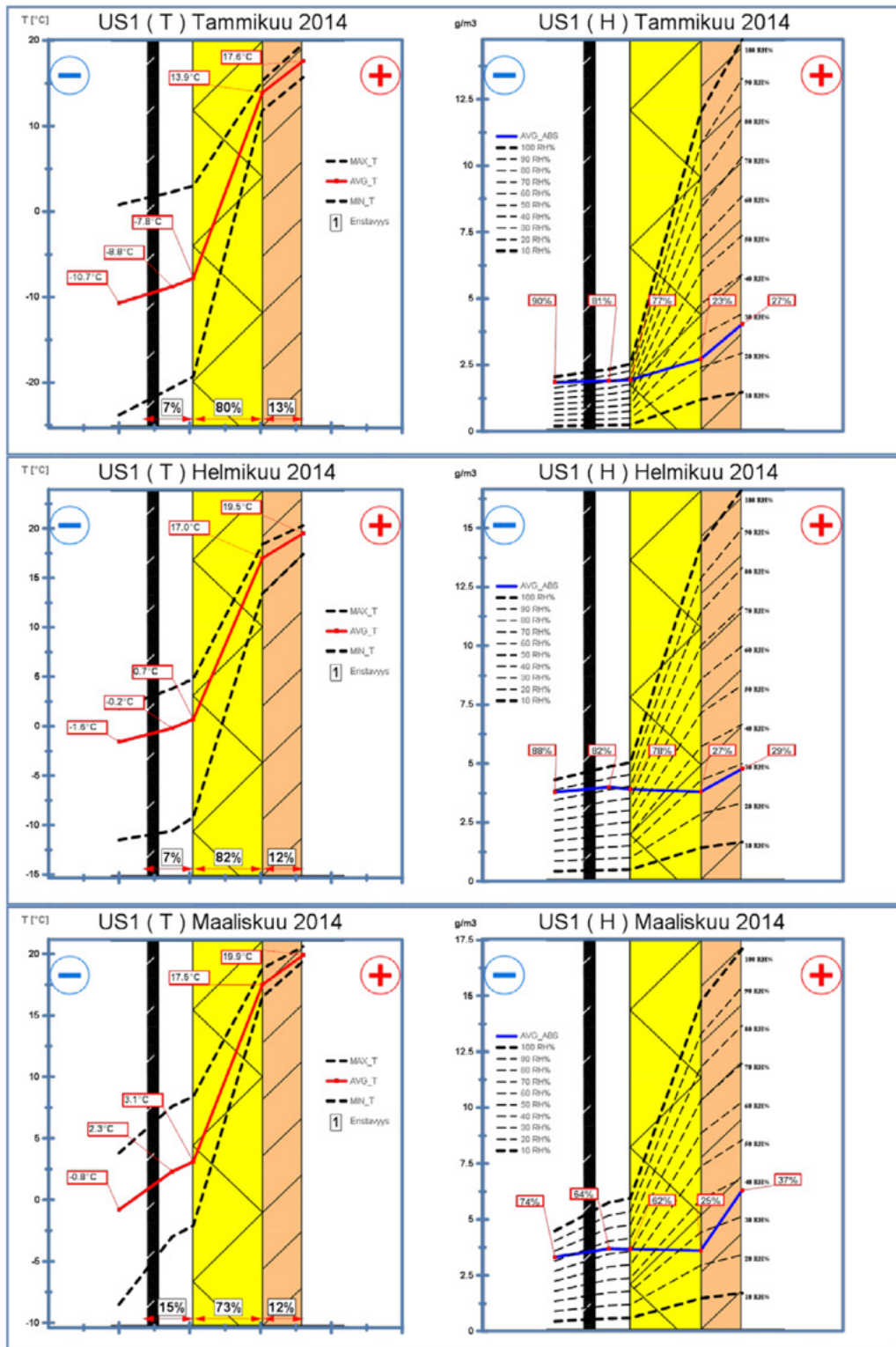


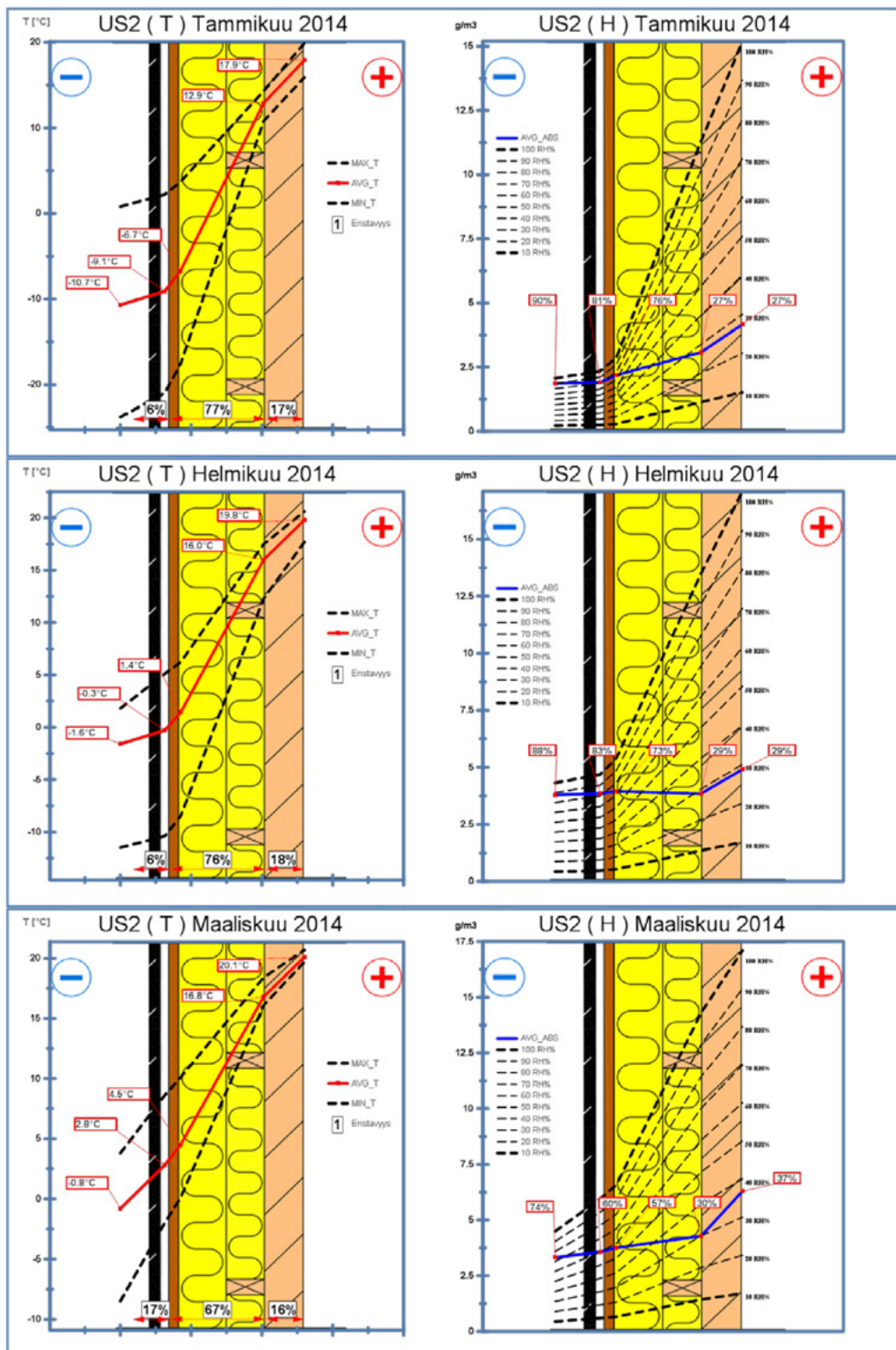


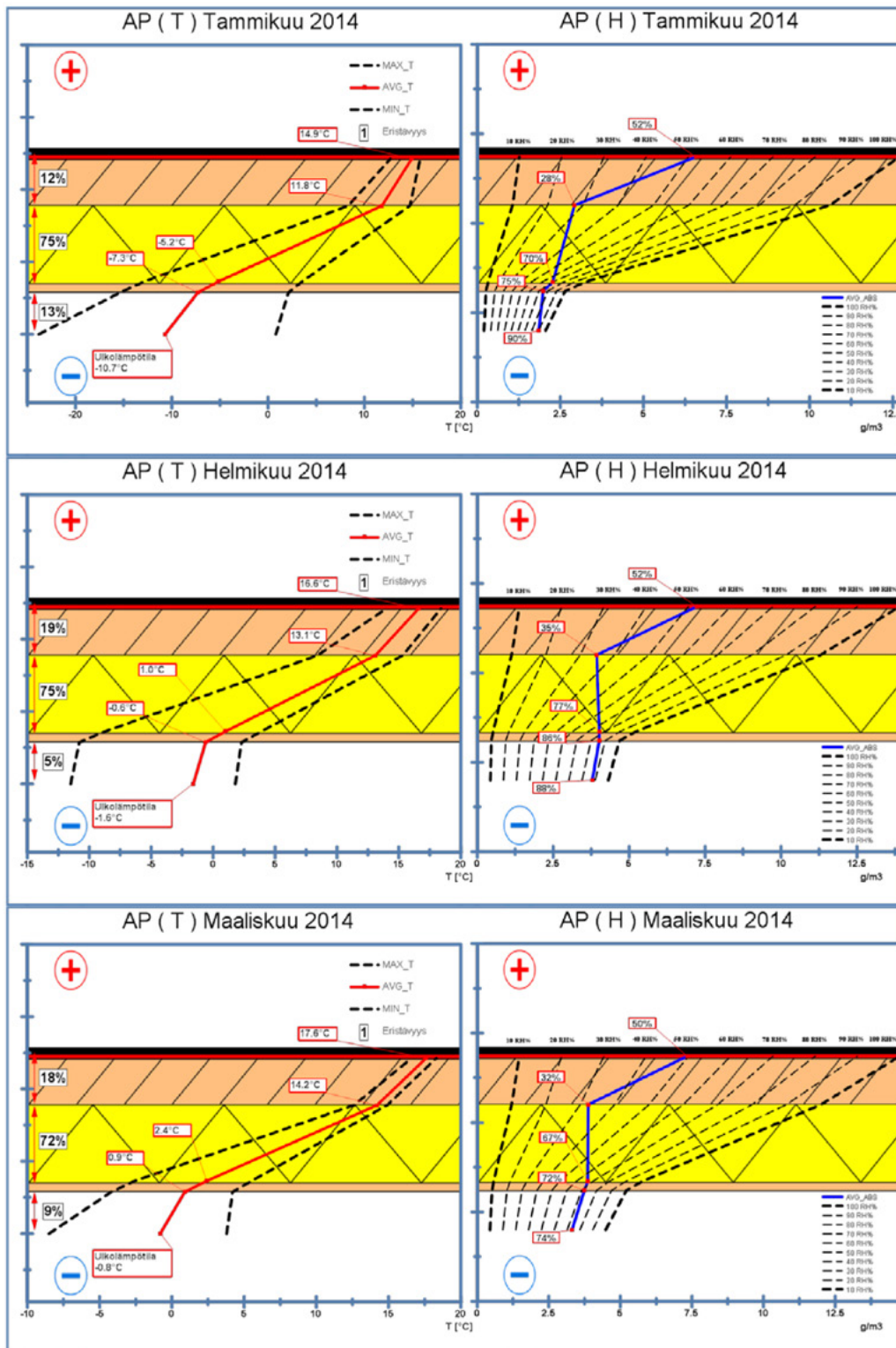




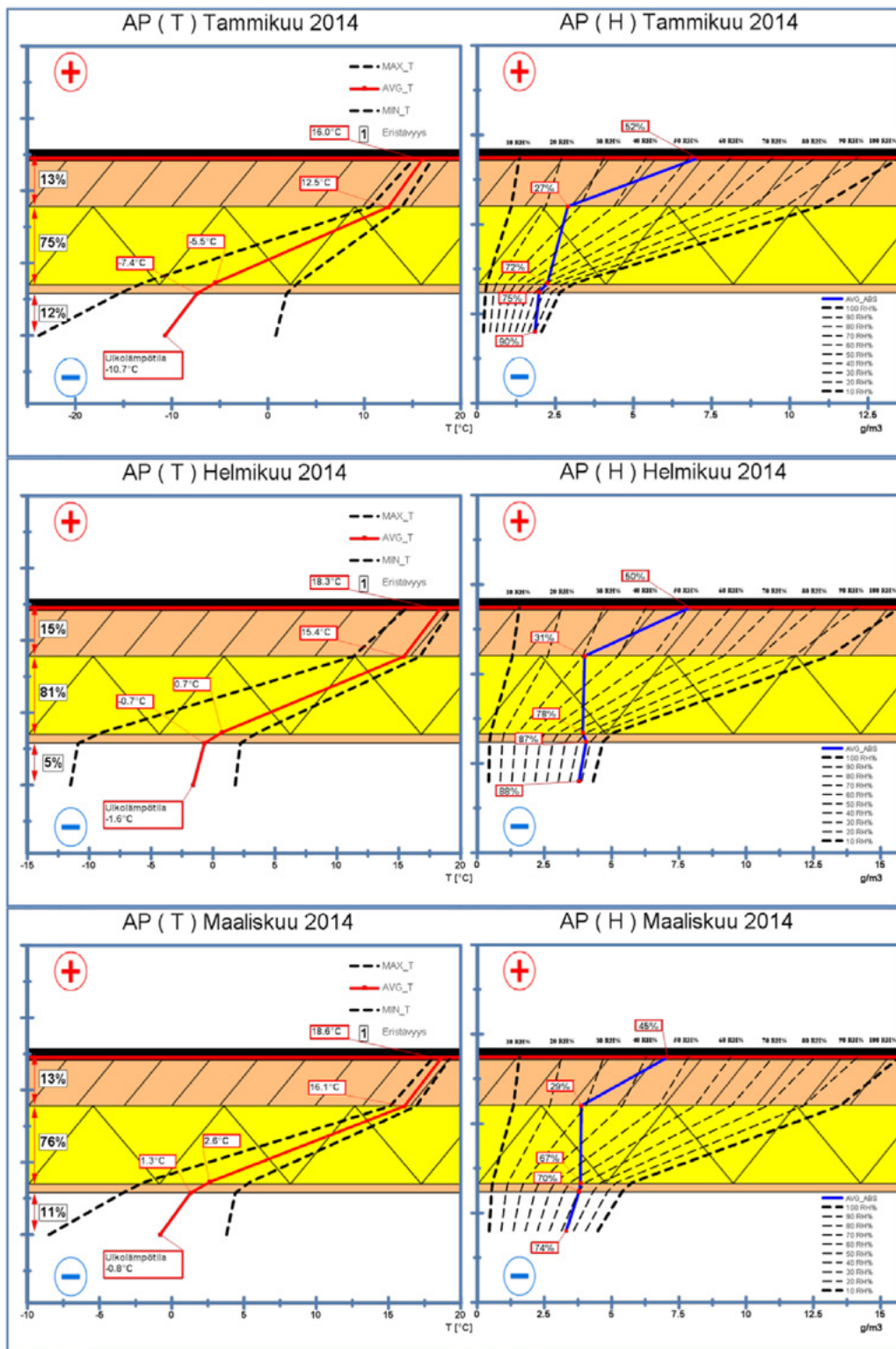


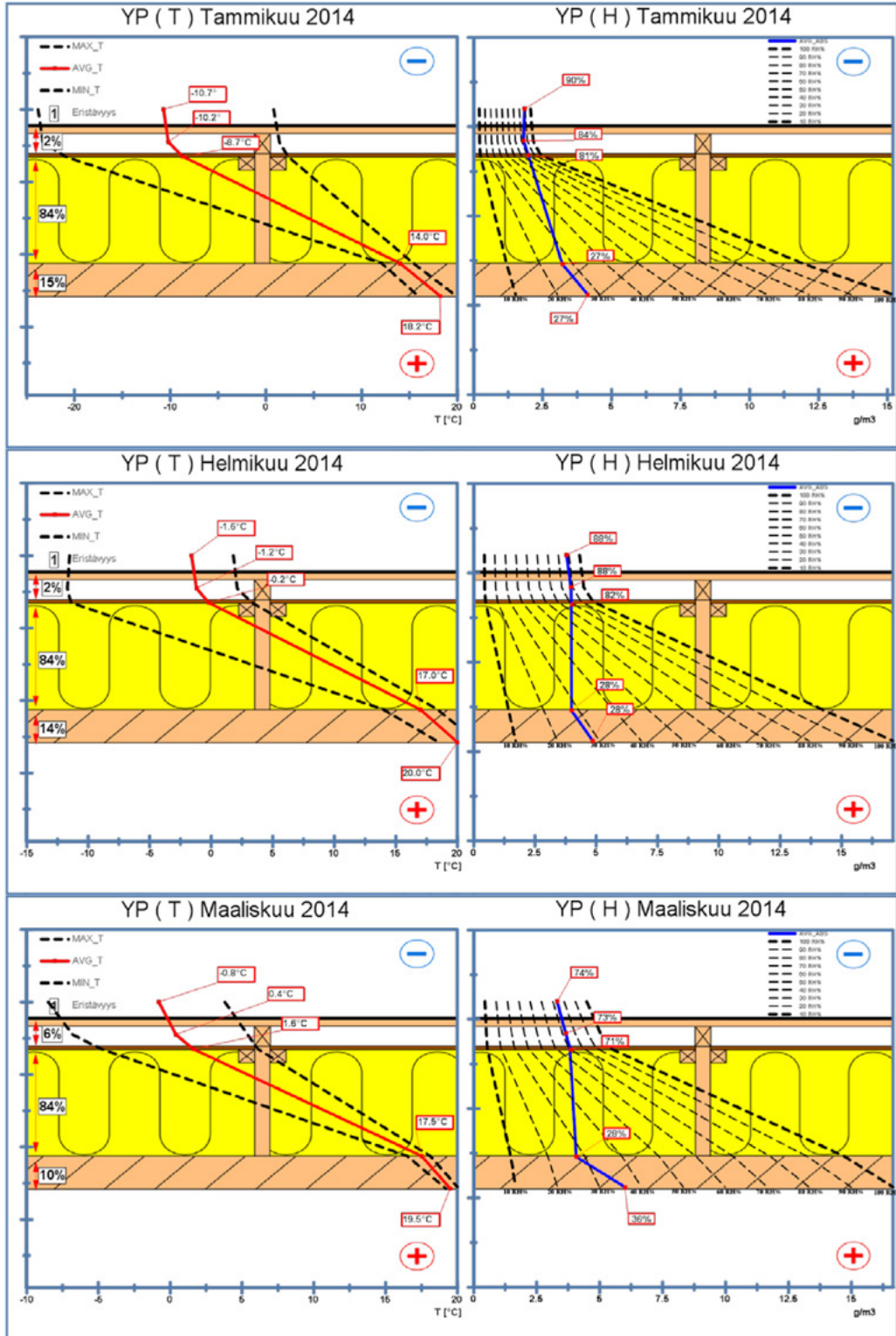


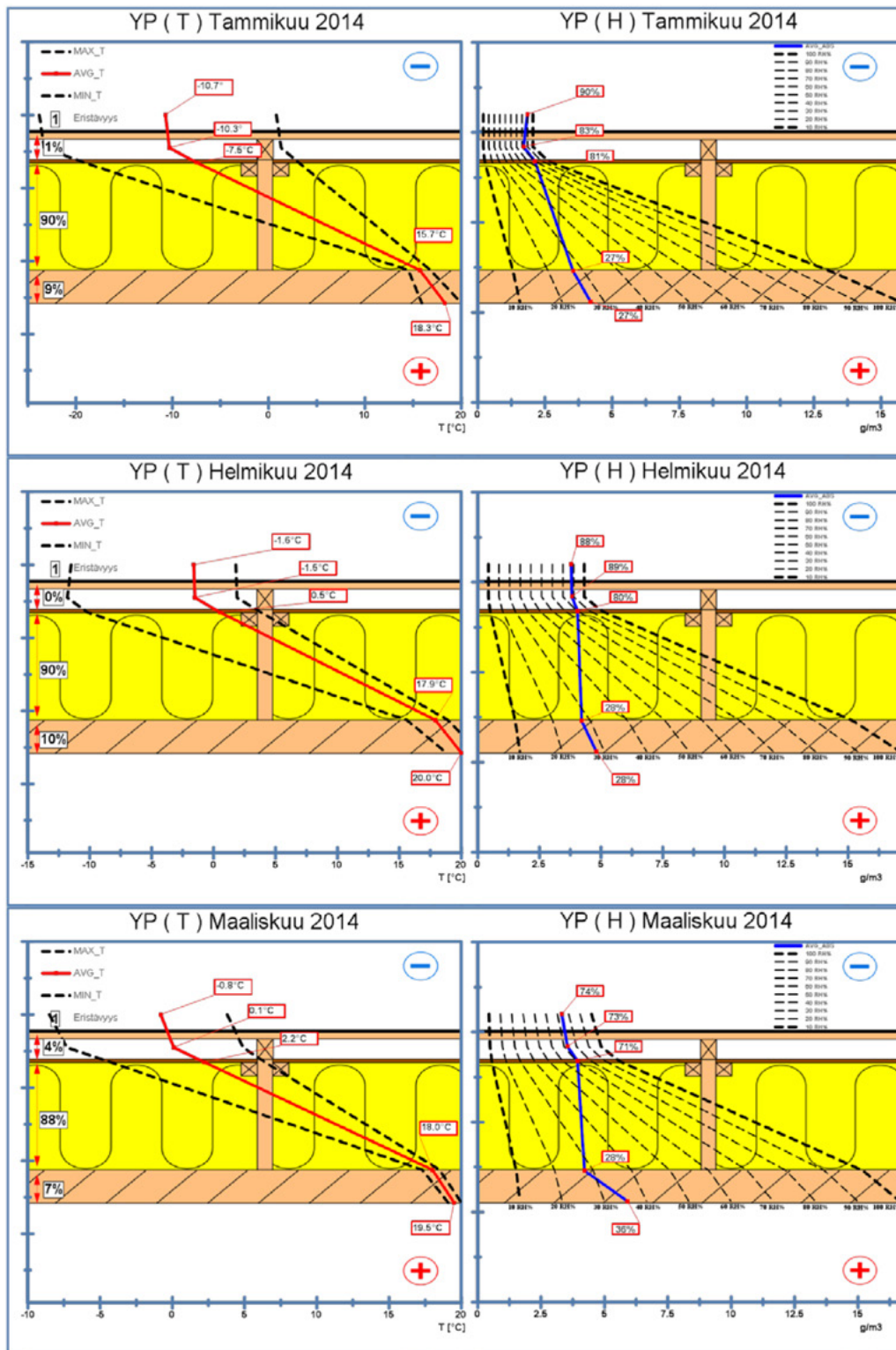












**CLT-koetalo-projektin** yhtenä päätavoitteena on tutkia CLT-materiaalin rakennusfysikaalista toimintaa Suomen haastavissa olosuhteissa. Tämä Q1-raportti on ensimmäinen CLT-koetalon lämpö- ja kosteusteknisen toiminnan analysointiraportti, joita julkaistaan vuoden 2014 aikana yhteensä neljä. Q1/2014-raportissa analysoidaan Kemissä sijaitsevasta CLT-koetalon rakenteista saatua mittausdataa. Koetalon rakenteissa sijaitsee yhteensä 48 mittausanturia, jotka mittaavat lämpötilaa ja suhteellista kosteutta.

DIGIPOLIS

AMMATTIOPISTO  
LAPPIA

LAPIN LIITTO

Vipuvoimaa  
EU:lta

  
Euroopan unioni  
Euroopan aluekehitysrahasto

**LAPIN AMK**<sup>7</sup>  
Lapland University of Applied Sciences

[www.lapinamk.fi](http://www.lapinamk.fi)

ISBN 978-952-316-025-5